



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE QUÍMICA**

**LUCIANO SILVA SAMPAIO**

**BATERIAS: evolução e sustentabilidade**

**BELÉM – PA**

**2021**

LUCIANO SILVA SAMPAIO

**BATERIAS:** evolução e sustentabilidade

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Química, Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte

**BELÉM**

**2021**

LUCIANO SILVA SAMPAIO

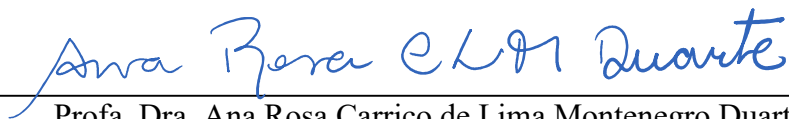
**BATERIAS: evolução e sustentabilidade**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Química, Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará. Orientadora: Profa. Dra. Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte

Data de aprovação: 04/10/2021

Conceito: Excelente

**Banca Examinadora**



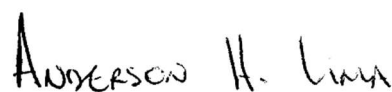
---

Profa. Dra. Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte  
Faculdade de Química/ICEN/UFPA - Orientadora



---

Prof. Dr. Thiago Mota Soares  
Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica/ITEC/UFPA – Membro



---

Prof. Dr. Anderson Henrique Lima e Lima  
Faculdade de Química/ICEN/UFPA – Membro

A minha família, amigos e todos que tornaram possível a realização desse sonho.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me deu força e coragem para enfrentar todas as adversidades ao longo dessa jornada;

À minha orientadora, Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte pela sua orientação, paciência, apoio e confiança neste trabalho;

Agradeço a toda família Physics por ter me acolhido e me formado, junto a universidade, professor. Todos vocês moram no meu coração e fizeram toda a diferença na minha vida;

Agradeço aos meus pais Antonio Aladim Nascimento Sampaio e Lucilinda da Costa Silva Sampaio por todo amor, carinho, apoio e por acreditarem no meu sonho;

Agradeço ao meu irmão Antonio Alan Silva Sampaio por sempre estar ao meu lado e ter me ajudado em toda a minha caminhada até aqui;

Meu agradecimento aos meus amigos do grupo Miau Miau, Vegas e Português instrumental por toda a parceria e amizade ao longo desses anos que me possibilitou crescer como pessoa e profissional. Parte do que sou hoje é por causa de todos vocês;

Aos(as) professores(as) e amigos(as) Anderson Marques, Anderson Pinheiro, Andreisson Santos, Daisy Adam, Elves Reis, Juscelino Vilanova, Karen Fortuna, Máriton Moraes, Thomas Jefferson e Wendel Correa por todos os ensinamentos e críticas construtivas que me proporcionaram crescer profissionalmente;

À minha namorada Natalia Gemaque da Silva por todo amor, carinho, companheirismo e suporte. Sua presença na minha vida faz toda a diferença;

À minha cadela Leona por seu companheirismo e amor incondicional;

À Universidade Federal do Pará pela oportunidade de realizar meu sonho.

Faça o seu próprio futuro. Faça o seu próprio  
passado. É tudo agora.

Barry Allen

## RESUMO

Baterias são dispositivos eletroquímicos nos quais ocorre uma reação de oxirredução, onde o ânodo cede seus elétrons (oxida) para o cátodo, promovendo sua redução (ganho de elétrons), dando origem a um processo chamado espontâneo, onde energia química é convertida em energia elétrica. Essa reação é dada por finalizada quando o eletrodo de oxidação acaba, ou seja, não possui mais elétrons para fornecer ao eletrodo de redução, entretanto, ao receber uma descarga elétrica, o eletrodo de oxidação volta a possuir elétrons para doar, iniciando um novo ciclo de oxirredução que produz corrente elétrica. As baterias estão muito presentes no dia a dia, tanto na geração de energia, bem como em veículos elétricos, relógios, notebooks, celulares, etc. Desta forma, neste trabalho, apresenta-se uma discussão sobre o uso de baterias como fonte de energia renovável e seus impactos ambientais, dentre eles, a emissão de gás carbônico para a atmosfera conforme é utilizada, os custos de seu uso e o tempo de sua vida útil; isso com o intuito de trazer ao leitor um conhecimento prévio de como esta fonte de energia pode ser extremamente benéfica para o meio ambiente, quando usada e descartada de forma correta.

Palavras-chave: Baterias. Eletroquímica. Veículos elétricos. Energia renovável. Sequestro de carbono.

## ABSTRACT

Batteries are electrochemical devices in which an oxidation-reduction reaction occurs, where the anode yields its electrons (oxidizes) to the cathode, promoting its reduction (electron gain), giving rise to a process called spontaneous, where chemical energy is converted into electrical energy. This reaction ends when the oxidation electrode ends, that is, it has no more electrons to supply the reduction electrode. However, when receiving an electrical discharge, the oxidation electrode regains electrons to donate, starting a new oxidation-reduction cycle that produces electrical current. Batteries are very present in everyday life, both in power generation, as well as in electric vehicles, watches, notebooks, cell phones, etc. Thus, this work presents a discussion on the use of batteries as a source of renewable energy and what its environmental impacts are, including the emission of carbon dioxide into the atmosphere as it is used, the costs of its use and time of its useful life; this is in order to bring the reader a prior knowledge of how this energy source can be extremely beneficial to the environment, when used and disposed of correctly.

Keywords: Batteries. Electrochemistry. Electric vehicles. Renewable energy. Carbon sequestration.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Metodologia do trabalho de conclusão de curso.....	14
<b>Figura 2</b> - Pilha de Volta.....	16
<b>Figura 3</b> - Representação da pilha de Daniell.....	16
<b>Figura 4</b> - Representação da pilha de Grove.....	17
<b>Figura 5</b> - Representação da bateria de chumbo-ácido.....	18
<b>Figura 6</b> - Representação da pilha de Leclanché.....	18
<b>Figura 7</b> - Representação de uma bateria de níquel-cádmio.....	19
<b>Figura 8</b> - Representação da bateria de íon-lítio.....	20
<b>Figura 9</b> - Bateria de Lítio – Polímero.....	20
<b>Figura 10</b> - Representação de uma bateria de sal fundido.....	21
<b>Figura 11</b> - Representação de uma bateria de níquel - hidreto metálico.....	22
<b>Figura 12</b> - Linha do tempo das principais baterias.....	22
<b>Figura 13</b> - Carport solar.....	26
<b>Figura 14</b> - Posto de carregamento para veículos elétricos da UFPA.....	27
<b>Figura 15</b> - Representação da reação que ocorre na bateria de $\text{LiCoO}_2$ .....	29
<b>Figura 16</b> - Fontes de energia renováveis.....	31
<b>Figura 17</b> - Evolução da emissão de gases poluentes.....	34
<b>Figura 18</b> - Gráfico representando a emissão em gramas de $\text{CO}_2/\text{km}$ .....	36
<b>Figura 19</b> - Vantagens e desvantagens na utilização dos veículos elétricos.....	37
<b>Figura 20</b> - Vantagens e desvantagens em relação as baterias.....	40

## LISTA DE SIGLAS

AIE	Agência Internacional de Energia.
ANELL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
BEV	Veículo Elétrico a Bateria.
PHEV	Veículo Elétrico Híbrido Recarregável.
RMF	Campo Magnético Rotativo.
UFPA	Universidade Federal do Pará.
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria.
AEA	Agência Europeia do Ambiente.
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica.
VE	Veículo Elétrico.
VC	Veículo a combustão.
BMS	Battery Management System.

# SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	13
2.1	<b>Objetivo geral</b> .....	13
2.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	13
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	14
4	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
4.1	<b>A origem das baterias</b> .....	15
4.1.1	Pilha de Daniell.....	16
4.1.2	Pilha de Grove.....	17
4.1.3	Bateria de chumbo-ácido.....	17
4.1.4	Pilhas de Leclanché.....	18
4.1.5	Bateria de níquel-cádmio.....	19
4.1.6	Bateria íon-lítio.....	19
4.1.7	Baterias de Lítio – Polímero.....	20
4.1.8	Bateria de Sal fundido.....	21
4.1.9	Bateria de Níquel - Hidreto metálico.....	21
4.1.10	Linha temporal das principais baterias apresentadas neste trabalho.....	22
4.2	<b>Baterias usadas em armazenamento e em veículos elétricos</b> .....	22
4.2.1	Bateria de íon de lítio - Li-íon.....	23
4.2.2	Bateria de hidreto metálico de níquel - NiMH.....	25
4.2.3	Bateria de chumbo-ácido.....	25
4.2.4	Baterias e energia solar.....	25
4.3	<b>Eletroquímica das baterias usadas em Armazenamento e Automóveis elétricos</b> .....	27
4.3.1	Eletroquímica da bateria de íon de lítio - Li-íon.....	28
4.3.2	Eletroquímica da bateria de hidreto metálico de níquel - NiMH.....	30
4.3.3	Eletroquímica da Bateria de chumbo-ácido.....	30
4.4	<b>Sequestro de carbono</b> .....	30
5	<b>ANÁLISE DAS BATERIAS E SUA SUSTENTABILIDADE</b> .....	32
5.1	<b>Poluição atmosférica</b> .....	32
5.2	<b>Baterias como solução para a redução da poluição atmosférica</b> .....	34
5.3	<b>Descarte e reutilização</b> .....	37
5.4	<b>Análise</b> .....	39
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	41
6.1	<b>Propostas para trabalhos futuros</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por energias renováveis vem crescendo de forma significativa no mundo todo. De acordo com o relatório de 2020 da Agência Internacional de Energia (AIE), aproximadamente 90% da nova geração de eletricidade de 2020, teve como base fontes de energia renovável, 4% a mais em comparação a 2019 (RENEWABLES, 2020). Essa projeção pode ser associada à preocupação com o aumento da emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), que segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), terão o segundo maior aumento da história em 2021, o aumento será de 1,5 bilhões de toneladas de gás carbônico sendo emitido para a atmosfera. Outra motivação para a busca de energias renováveis pode estar relacionada ao aumento do custo de combustíveis como gasolina e diesel que, em abril de 2021, sofreram aumentos de 1,9%, cerca de R\$ 2,64 a mais por litro, e o do diesel, 3,7%, cerca de R\$ 2,76 a mais por litro (HERÉDIA, 2021). No entanto, essa busca não vem sendo vista apenas no meio dos automóveis, ela também aparece como opção para uma conta de energia mais barata, tendo em vista que, em abril de 2021 o baixo nível dos reservatórios hidrelétricos, após um período chuvoso que ficou aquém da média histórica, a Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) acionou a bandeira vermelha 1 para o mês de maio. A medida acrescentou um custo de R\$ 4,169 a cada 100 kWh (quilowatt-hora) consumidos (BBC, 2021).

Para suprir essa grande demanda por sustentabilidade, tem-se investido em fontes de energia renovável como eólica, hidrelétrica, solar ou combustíveis sintéticos. Associados a baterias, fornecem um potencial e solução promissora, uma vez que as baterias podem converter, armazenar, transportar e acessar com eficiência fontes de energia renováveis e, em seguida, funcionam como fontes de energia para pequenos produtos eletrônicos de consumo, veículos elétricos híbridos, energia estacionária sistemas de armazenamento e redes inteligentes (XU et al., 2019). Empresas como a Tesla já possuem tecnologia para criar e instalar baterias em redes elétricas de grandes e pequenas cidades para que seja possível aproveitar completamente a produção de energia renovável — seja eólica, solar ou qualquer outra. Isso porque, em dias de sol, os painéis solares produzem mais energia do que as pessoas normalmente consomem durante o dia. Quando cai a noite, os painéis param de produzir, e o consumo aumenta exponencialmente (CBENS, 2007). Desta forma, as baterias conseguem reparar os pontos negativos da energia solar, pois elas utilizam a energia armazenada durante os períodos de maior produção, para utilizar nos períodos em que a energia solar não atende a geração. Em 2016, cresceu cerca de 407% (especialmente em residências) o número de micro

geradores de energia solar no Brasil, de acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) (ANEEL, 2016).

Em relação aos carros elétricos, em 2020 ocorreu um grande salto na comercialização de veículos elétricos pelo mundo, puxada pela Europa e pela China. Segundo a Agência Internacional de Energia, as vendas anuais ultrapassam 3,24 milhões de veículos elétricos plug-in (BEV e PHEV), um aumento de 41% em relação a 2019. Em 2021, estes números continuam crescendo, as vendas globais de carros elétricos tiveram alta de 140% no 1º trimestre deste ano (DINO, 2021). Países europeus já anunciaram que pretendem cessar a produção de veículos à combustão até 2040, sendo a Noruega até 2025, a Alemanha até 2030 e Reino Unido até 2040 (ZHAO, 2018). Essas projeções mostram a grande prioridade que essa fonte de energia renovável vem se tornando no meio automobilístico.

Tendo como base o contexto levantado, neste trabalho de conclusão de curso se propõe uma revisão bibliográfica da temática baterias, para fazer uma discussão sobre seu uso como ferramenta de armazenamento para fontes de energia renovável e os seus benefícios para o meio ambiente.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Desenvolver a temática “baterias”, utilizando sua abordagem eletroquímica e trazer reflexões sobre seu uso como ferramenta de armazenamento para fontes de energia renovável.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Revisar os tipos de baterias presentes no mercado, seu funcionamento e as vantagens e desvantagens de seu emprego;
- Fazer um levantamento histórico da evolução das tecnologias de baterias para automóveis;
- Fazer um levantamento espacial desta tecnologia o que está sendo realizado no Brasil e no mundo;
- Relacionar a emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera proveniente dos automóveis movidos a combustão com automóveis elétricos;
- Avaliar os impactos ambientais causados pelo uso de baterias, incluindo o seu descarte ou reuso.

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo consiste em pesquisa aplicada, de caráter exploratório (GIL, 2002). A pesquisa também utilizará do método descritivo, que visa não só relacionar as variáveis de análise central, bem como apresentar subsídios de informação que possam servir de diretrizes para ações de transformação da realidade (CERVO; BERVIAN, 1983).

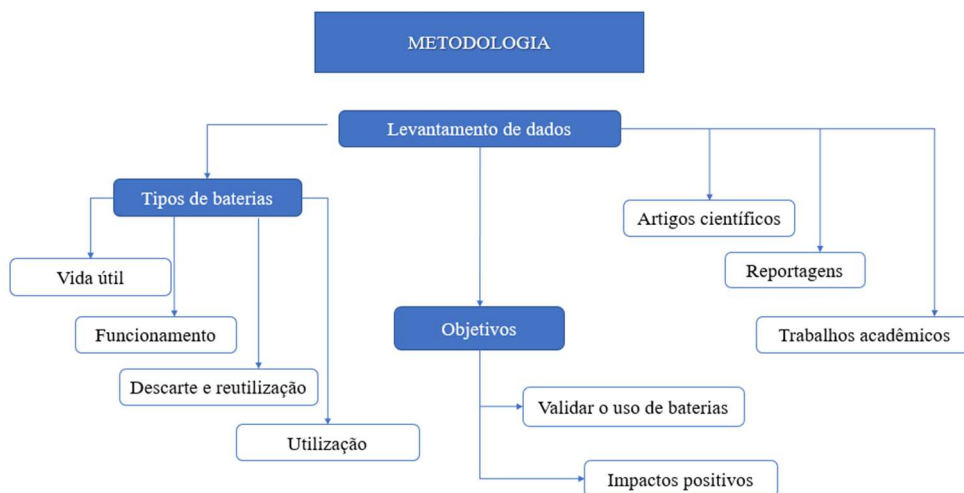
Nesse sentido, os resultados serão apresentados de forma qualitativa, a partir da coleta de informações de fontes secundárias, incluindo as obras de Uditá Bhattacharjee, A. M Bernardes, Célia Aparecida Lino dos Santos, Jasmin Kemper e Glaucia Machado Mesquita.

Neste trabalho foi desenvolvida uma pesquisa relacionada ao uso de baterias como ferramenta de armazenamento para fontes de energia sustentável.

O trabalho foi realizado a partir de um levantamento de dados sobre os tipos de baterias mais utilizadas no mercado, bem como seus funcionamentos, sua vida útil, suas reutilizações e seus descartes. A pesquisa foi realizada por meio de pesquisa em artigos científicos, livros, reportagens e trabalhos acadêmicos sobre o tema. Esta pesquisa teve dois enfoques principais, um é o levantamento histórico das baterias e outro o levantamento espacial (a nível Brasil e a nível mundial).

Este levantamento de dados tem como objetivo validar (ou corroborar) o uso de baterias como auxiliar na fonte de energia renovável, se sua aplicação apresenta impactos positivos, tanto de sua análise das vantagens econômicas, quanto ao meio ambiente (Figura 1).

Figura 1 – Metodologia do trabalho de conclusão de curso



## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

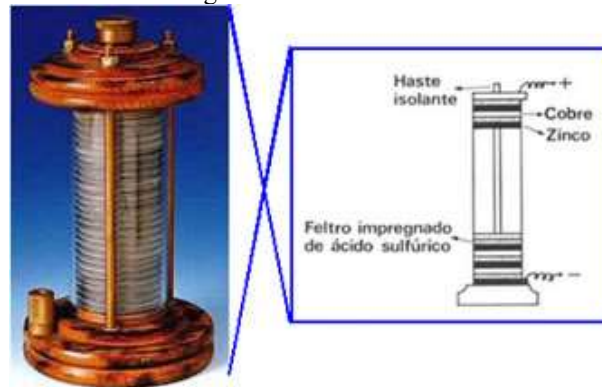
### 4.1 A origem das baterias

Para entender melhor as baterias que estão no mercado hoje em dia, é necessário entender sua origem, ou seja, como surgiram as primeiras baterias. Tudo começou com o anatomista italiano Luigi Galvani, em 1786, que dissecou uma rã na mesma mesa em que se encontrava uma máquina eletrostática. Ele observou que os músculos da rã se contraíram quando, acidentalmente, seu assistente tocou com a ponta de seu bisturi no nervo interno da coxa da rã. A partir disso, Galvani decidiu defender uma teoria que tentava explicar esse acontecimento, essa teoria foi chamada de “eletricidade animal”, essa teoria dizia que os metais eram apenas condutores da eletricidade, que na realidade estaria contida nos músculos da rã (ROCHA, 2011).

Porém, o físico italiano Alessandro Volta, afirmou que a teoria de Galvani estava errada, isto porque Volta realizou experimentos e notou que quando a placa e o fio eram constituídos do mesmo metal, as convulsões não apareciam, mostrando que não havia fluxo de eletricidade provocado pelos músculos, como afirmava Galvani, e sim pelos metais. Assim, ele passou a defender o conceito de que a eletricidade não se originava dos músculos da rã, mas sim dos metais e que os tecidos do animal é que conduziam essa eletricidade. Para provar que estava correto, Volta fez um circuito formado por uma solução eletrolítica, isto é, uma solução com íons dissolvidos, que ele chamava de condutor úmido, colocados em contato com dois eletrodos metálicos. Nesse momento ele observou que havia condução de eletricidade (fluxo de elétrons). Com isso, podemos entender que a primeira ideia do que viria a ser uma pilha, estava sendo desenvolvida por Volta naquele momento (AFONSO, 2003).

Alessandro Volta criou, em 1800, a primeira pilha elétrica, que ficou conhecida como pilha voltaica. Essa pilha era constituída por um disco de cobre por cima de um disco de feltro embebido em uma solução de ácido sulfúrico e, por último, um disco de zinco; e assim sucessivamente, empilhando essas séries até formar uma grande coluna. O cobre, o feltro e o zinco tinham um furo no meio e eram enfiados numa haste horizontal, sendo assim conectados por um fio condutor (Figura 2). Essa pilha perde pouca carga e sua corrente elétrica é contínua. Porém, não produz tensão suficiente para gerar faíscas e dura muito pouco. Mas foi o pontapé inicial para todas as outras pilhas e baterias que iriam surgir após a sua origem.

Figura 2 - Pilha de Volta



Fonte: ROCHA, 2011

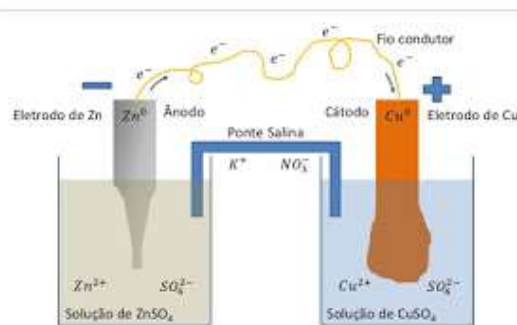
Esse experimento mudou totalmente o mundo científico e a partir daí todos os aparelhos que produziam eletricidade a partir de processos químicos começaram a ser chamados de células voltaicas, pilhas galvânicas ou pilhas.

#### 4.1.1 Pilha de Daniell

O químico Britânico John Frederic Daniell criou, em 1836, sua própria versão de uma pilha, ela era formada por dois eletrodos. Um dos eletrodos era formado por uma placa de zinco metálico mergulhada em uma solução que continha cátions zinco, como uma solução de sulfato de zinco. Já o segundo eletrodo era formado por uma placa de cobre metálico mergulhada em uma solução que continha cátions cobre, como uma solução de sulfato de cobre. Esses dois eletrodos eram interligados por um circuito externo, com uma lâmpada, cujo acendimento indicaria a passagem de corrente elétrica (ROCHA, 2014) (Figura 3).

Figura 3 - Representação da pilha de Daniell

#### Pilha de Daniell

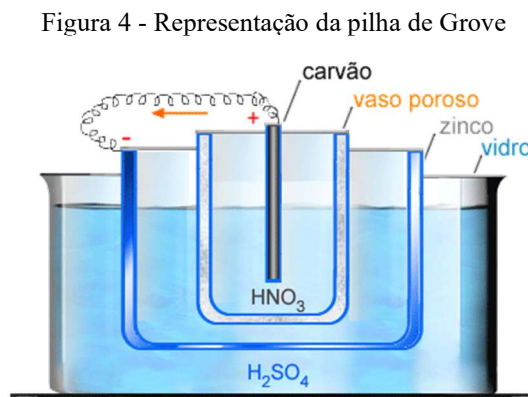


Fonte: MANUKA, 2016

A reação era observada através da corrosão da placa de zinco (diminuição de sua massa), da oxidação da placa de cobre (aumento de sua massa) e da lâmpada sendo acendida. Isso acontece devido a transferência de elétrons que ocorre da placa de zinco para a placa de cobre. A pilha de Daniell operou a 1,1V e foi utilizada em grandes escalas nas redes de telégrafos.

#### 4.1.2 Pilha de Grove

O físico e juiz galês William Robert Grove criou, em 1844, uma pilha feita com uma placa de zinco imersa em ácido sulfúrico, separada por uma barreira porosa de outra solução, feita de uma placa de platina imersa em ácido nítrico (Figura 4). Essa pilha, comparada a pilha criada por Daniell, liberava uma corrente muito alta, com quase o dobro da tensão. No entanto, um problema que estava presente nessa pilha, era que ela liberava uma fumaça tóxica de óxido nítrico. Mesmo assim, tornou-se a fonte de energia favorita da rede americana de telégrafos (APPROBATO, 2019).

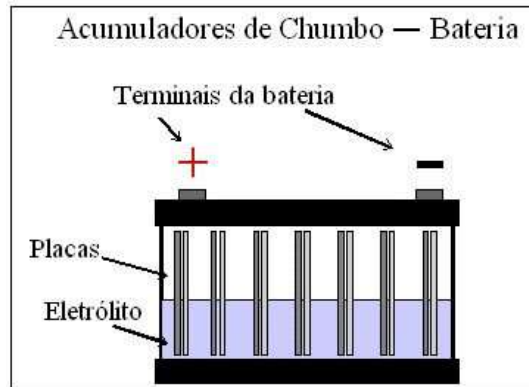


Fonte: APPROBATO, 2019

#### 4.1.3 Bateria de chumbo-ácido

Criada pelo físico francês, Gaston Planté, a pilha de chumbo-ácido foi utilizada pela primeira vez em 1859. Uma célula constituída por uma placa de óxido de chumbo e outra de chumbo metálico, ambas imersas em ácido sulfúrico, produzindo sulfato de chumbo e uma voltagem de 12V (Figura 5). Essa foi a primeira bateria recarregável da história, revolucionando um mercado, que até então, não possuía nada desse tipo. Graças a essa bateria, pode-se utilizar baterias em automóveis em geral (ROCHA, 2011).

Figura 5 - Representação da bateria de chumbo-ácido



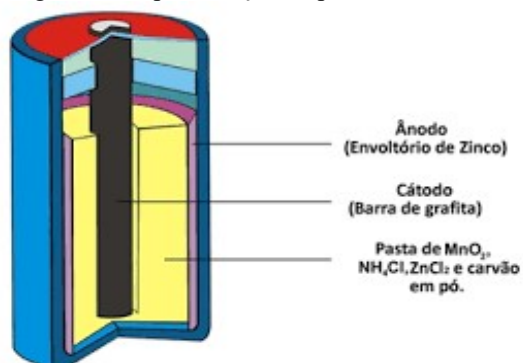
Fonte: ROCHA, 2011

#### 4.1.4 Pilhas de Leclanché

Criada em 1866 pelo engenheiro elétrico francês, Georges Leclanché, essa pilha funciona por meio de um cilindro de zinco, envolvido por um tipo de papel poroso e com manganês em pó, imersos em uma solução de cloreto de amônio, e zinco. Essa pilha recebeu a denominação de “seca”, pois até sua criação, todas as pilhas que foram feitas, eram imersas em soluções líquidas.

De todas as pilhas citadas até então, essa é a mais conhecida hoje em dia. Isso porque, a versão mais recente dessa pilha, constituída por um polo positivo, que é a barra de grafita envolvida por dióxido de manganês, carvão e uma pasta úmida, e o polo negativo, que é o envoltório de zinco, possuindo uma diferença de potencial de 1,5V (Figura 6). É muito utilizada nos dias de hoje, pois as pilhas secas são indicadas para equipamentos que requerem descargas leves e contínuas, como controle remoto, relógio de parede, rádio portátil e brinquedos (ROCHA, 2012).

Figura 6 - Representação da pilha de Leclanché



Fonte: ROCHA, 2012

#### 4.1.5 Bateria de níquel-cádmio

Waldemar Jungner foi o pioneiro da bateria de níquel-cádmio, que ficou muito famosa por volta de 1899. Essa bateria é formada por um cátodo constituído pelo hidróxido (óxido) de níquel (III), e por um ânodo, constituído pelo metal cádmio, possuindo uma voltagem de 1,4V (Figura 7) (ROCHA, 2013). Essa bateria foi a primeira alcalina da história e foi a principal base para as primeiras baterias recarregáveis. Pois, até então, as baterias utilizadas em aparelhos eletrônicos não podiam ser recarregadas para serem utilizadas várias vezes. No entanto, esse tipo de bateria vem sendo substituída gradativamente por apresentarem um efeito memória, que é um efeito de vício de baterias.

Figura 7 - Representação de uma bateria de níquel-cádmio



Fonte: APPROBATO, 2019

#### 4.1.6 Bateria íon-lítio

Em 1912, o físico-químico Gilbert Newton Lewis fez as primeiras pesquisas com as baterias de lítio, mas só em 1970 as baterias de íon-lítio ganharam seu espaço no mercado. Essa demora ocorreu por causa da dificuldade de estabilizar o metal lítio que é bastante instável, principalmente quando se tentava carregar a bateria. Por isso, passou-se a utilizar o íon-lítio nas baterias, pois este apresentava uma maior estabilidade no processo de carregamento.

O químico americano John B. Goodenough foi o escolhido para liderar uma equipe de pesquisa da Sony que tinha como objetivo produzir uma versão mais estável da bateria de lítio recarregável. Mas foi somente em 1991, que a Sony Corporation comercializou a primeira bateria de íon de lítio. Desde então, a bateria de íon-lítio conquistou seu espaço no mercado como melhor opção para eletrônicos portáteis. Isso porque, o lítio é muito mais leve em relação aos outros metais conhecidos, além de possuir melhor potência eletroquímica, maior densidade de energia, baixo peso e causar menos danos ao meio ambiente. Combinação perfeita para a utilização em dispositivos portáteis (MANTHIRAM, 2009). A bateria de íon-lítio possui

voltagem de aproximadamente 3,6V e é composta por eletrodos formados por lítio e um complexo de iodo, que ficam separados por meio de uma camada cristalina de iodeto de lítio que permite a passagem da corrente elétrica. O lítio metálico funciona como o ânodo da pilha, ou seja, é o polo negativo que se oxida, perdendo elétrons. Já o cátodo, o polo positivo que se reduz, recebendo elétrons, é o complexo de iodo como pode ser observado na figura 8 (MANTHIRAM, 2009).

Figura 8 - Representação da bateria de íon-lítio



Fonte: THEMEGRILL, 2019

#### 4.1.7 Baterias de Lítio – Polímero

O químico francês, Michael Armand, criou em 1979 a bateria de lítio - polímero. Uma bateria constituída por um eletrólito de polímero seco que se assemelhava a uma película plástica. Essa película permitia a troca de íons, substituindo o separador plástico e o eletrólito, que eram característicos da bateria de íon-lítio (Figura 9). Essa bateria é muito vantajosa pela sua espessura reduzida, formato flexível, peso leve, segurança melhorada e mais resistente a sobrecarga. No entanto, essa bateria também tem muitos pontos negativos, como sua densidade de energia mais baixa, contagem de ciclo diminuída comparada à bateria de íon-lítio e o seu alto custo para sua fabricação (BHATTACHARJEE et al., 2021).

Figura 9 - Bateria de Lítio - Polímero

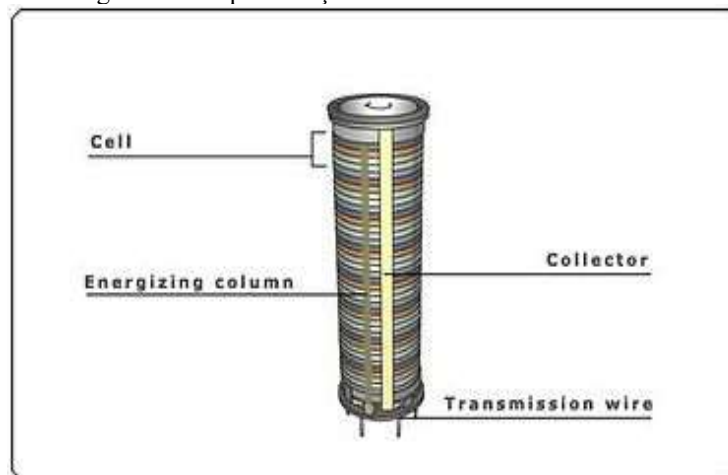


Fonte: (STA Eletrônica, 2021)

#### 4.1.8 Bateria de Sal fundido

Criada em 1982, pelo Dr. Johan Coetzer, a bateria de sal fundido (bateria de Sódio – Cloreto de Níquel) é constituída por um eletrodo negativo de sódio e por um eletrodo positivo de cloreto de níquel (Figura 10). Essa pilha funciona apenas em temperaturas elevadas, como aproximadamente 300°C e sua versão mais atual possui uma vida útil de até 20 anos. Seus componentes são produzidos mundialmente, são extremamente abundantes na terra e seu impacto ambiental é praticamente nulo, o que a torna uma excelente opção em termos de sustentabilidade (LAVARS, 2021).

Figura 10 - Representação de uma bateria de sal fundido

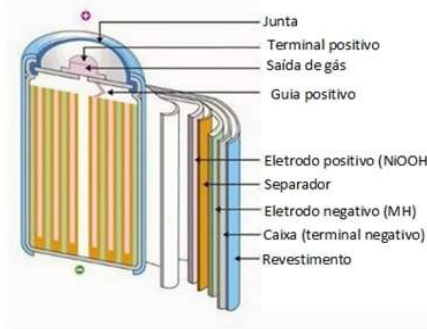


Fonte: Wikipédia, 2012

#### 4.1.9 Bateria de Níquel - Hidreto metálico

Desenvolvida em 1989, pela empresa alemã de carros Daimler AG. A bateria de níquel - hidreto metálico tem estrutura similar à de níquel cádmio, porém possui uma liga metálica que absorve hidrogênio ao invés de cádmio (Figura 11). Elas têm uma menor tendência ao vício energético, porém descarregam mais rápido. São bastante usadas em veículos elétricos e dispositivos portáteis. Essas baterias não poluem o meio ambiente, utilizam uma solução básica como eletrólito e são compostas por hidróxido de níquel no eletrodo positivo com uma liga de vanádio, titânio, níquel e outros metais no eletrodo negativo. Possuindo uma voltagem de 1,3V (THAMIRES, 2021).

Figura 11 - Representação de uma bateria de níquel - hidreto metálico



Fonte: THAMIRES, 2021

#### 4.1.10 Linha temporal das principais baterias apresentadas neste trabalho

Na figura 12 pode-se observar a linha do tempo das principais baterias apresentadas anteriormente, juntamente com suas respectivas voltagens.

Figura 12 – Linha do tempo das principais baterias

#### LINHA DO TEMPO DAS BATERIAS

Célula	Ano	E°
PILHA DE DANIEL	1836	1,1V
BATERIA DE CHUMBO-ÁCIDO	1859	12V
PILHAS DE LECLANCHÉ	1866	1,5V
BATERIA DE NÍQUEL-CÁDMIO	1899	1,4V
BATERIA DE ÍON-LÍTIO	1970	3,6V
BATERIA DE NÍQUEL-HIDRETO METÁLICO	1989	1,3V

Fonte: Autor

## 4.2 Baterias usadas em armazenamento e em veículos elétricos

Os automóveis elétricos possuem um motor elétrico no lugar do motor de combustão e utilizam uma bateria, essa bateria libera uma corrente elétrica pelo carro, que é convertida pelo inversor. Por sua vez, o mecanismo transforma a corrente contínua em alternada. Depois, é feita a atribuição para o motor de indução. O motor de indução recebe a corrente alternada por meio de entradas trifásicas, gerando um Campo Magnético Rotativo (RMF) de quatro pólos. A corrente é induzida nas barras do rotor, fazendo ele girar e, assim, acionar os mecanismos do motor, fazendo o carro se mover. Uma vantagem interessante atribuída ao motor elétrico é que

ele também pode funcionar como uma espécie de gerador em momentos de desaceleração, como quando o motorista para de acelerar o carro e o deixa seguir normalmente sem aceleração, conhecido como frenagem regenerativa. A frenagem regenerativa, como o próprio nome sugere, regenera parte da energia que seria perdida em forma de calor nas pastilhas de freio, que é armazenada na bateria, tornando assim o veículo mais autônomo ainda e potencializando a duração de sua carga (RIBEIRO, 2021).

Quando descarregado, um veículo elétrico pode ter sua bateria recarregada utilizando conectores que são embutidos no próprio carro. A forma mais simples é a carga doméstica, onde se usa um cabo que já vem com o carro e o conecta em uma tomada de 110v ou até mesmo de 220v. No entanto, a carga doméstica é a mais lenta e pode levar até 40 horas. Existem também alguns postos de recarga rápida, localizados em alguns estabelecimentos públicos, mas também levam algumas horas para recarregar o veículo. O método mais rápido encontrado atualmente, são os postos de recarga especiais, onde se pode alcançar até 300 kW, possibilitando cargas de até 80% em até 40 minutos. Alguns carregadores mais modernos são conectados à rede wifi e avisam ao dono do veículo quando o seu carro está totalmente carregado (SCHAUN, 2019).

As baterias também podem ser utilizadas para armazenar energia solar, proveniente das placas solares, a energia solar produz energia elétrica e é esta que será armazenada. Assim, o consumo poderá ser feito durante a noite ou em dias nublados, quando há pouca captação de energia solar. A bateria, nestes casos, tem a função de armazenar energia para essas ocasiões e não de fornecer. São bastante usadas em sistemas onde o usuário não tem vínculo com nenhuma companhia elétrica, ou seja, não é dependente da rede de transmissão elétrica. As baterias mais recomendadas para armazenar energia solar, em sistemas fotovoltaicos, são as baterias estacionárias, que são aquelas que são imóveis e são conectadas de forma permanente a alguma fonte de corrente contínua, abrindo espaço também para baterias seladas, que são uma derivação das estacionárias, porém podem ser transportadas sem grandes riscos. Essas baterias são mais usadas devido a sua durabilidade, sendo ideal para sustentar sistemas que conseguem armazenar energia solar.

#### 4.2.1 Bateria de íon de lítio - Li-íon

O tipo de bateria mais usual em carros elétricos é a bateria de íons de lítio. Esse tipo de bateria é bem conhecido por usuários de aparelhos eletrônicos, já que também é usada na maioria dos eletrônicos portáteis, incluindo telefones celulares e computadores. Elas são

bastante utilizadas, pois não sofrem o efeito de memória, ou seja, podem ser frequentemente recarregadas (não necessariamente precisam estar descarregadas) para um novo ciclo, porém, é importante que o usuário não deixe que a bateria do automóvel fique abaixo de 10% e sempre tente carregá-la até no mínimo 80%, para manter a saúde da bateria (IBERDROLA, 2020).

As baterias de íon-lítio necessitam de um sistema de gerenciamento de bateria, conhecido da sigla em inglês “BMS”, para a operação segura da célula. Esse sistema protege a bateria de operar fora da sua área de operação segura, controlando suas mudanças de carga, em faixas de temperatura seguras durante a operação da célula, equilibrando as células e eliminando o estado de incompatibilidade de carga. Em uma bateria, à medida que o número de células e as correntes de carga aumentam, o potencial para uma incompatibilidade nas células aumenta, por isso se faz necessário o uso do BMS. O BMS melhora significativamente a eficiência e a capacidade da bateria (BHATTACHARJEE et al., 2021).

Em relação ao ciclo de vida desta bateria, estima-se que pode fazer de 500 até 15000 ciclos de carga, podendo ter cargas rápidas de no mínimo 60 minutos. Além de possuírem alta consistência e eficiência, por isso não precisam de manutenção (IBERDROLA, 2020). No entanto, alguns fatores podem influenciar negativamente a vida útil desta bateria, dentre eles temos a drenagem, como quando o carro tem uma alta demanda por energia, a eletricidade da bateria é drenada, ou seja, é utilizada em grande quantidade em um curto espaço de tempo. O modo como o carro é carregado também pode interferir na vida útil das baterias de íon lítio, alguns aspectos sempre devem ser levados em consideração, como a voltagem, a temperatura e o fluxo de corrente do carregador. Se não regulados corretamente, esses aspectos podem diminuir sua vida útil. Alguns carregadores rápidos realizam o monitoramento dessas informações a fim de evitar algum dano na bateria.

As baterias de íon de lítio possuem uma ótima relação entre seu peso, potência e eficiência energética, além de possuírem bom desempenho em temperaturas elevadas. Isso significa que as baterias capturam bastante energia para seu peso, o que é de extrema importância para carros elétricos, tendo em vista que menos peso significa que o carro pode viajar por mais tempo e, conseqüentemente, por maiores distâncias, com apenas uma única carga, ou seja apresentam alta densidade energética, daí sua grande utilização. Densidade de energia relaciona a massa de um corpo com a energia nele armazenada. Quanto mais alta a densidade de energia, mais energia pode ser armazenada ou transportada pela mesma quantidade de massa. A maioria das peças de baterias de íon de lítio são recicláveis, tornando essas baterias uma boa opção para quem gosta de ajudar a diminuir os impactos ambientais causados pelo descarte indevido (IBERDROLA, 2020).

#### 4.2.2 Bateria de hidreto metálico de níquel - NiMH

As baterias de hidreto metálico de níquel são muito utilizadas em veículos elétricos híbridos, que são veículos que funcionam tanto por eletricidade, quanto por combustão, mas também são usadas com sucesso em alguns veículos totalmente elétricos. Os veículos elétricos híbridos não recebem energia de uma fonte externa, como os veículos totalmente elétricos recebem, em vez disso, dependem do combustível e motor a combustão para recarregar a sua bateria, algo que os exclui da definição de carro elétrico (PONCIANO, 2019).

As baterias de níquel hidreto metálico possuem um ciclo de vida mais longo do que as baterias de íon-lítio ou até mesmo que as de chumbo-ácido, porém existem vários problemas relacionados a essas baterias, alguns deles são o alto custo para sua obtenção, a alta taxa de autodescarga, além da geração de calor em altas temperaturas. Ela possui também uma carga mínima de 2 a 4 horas, além de precisar de manutenção a cada 75 dias, ou seja, além de alto custo para sua obtenção, ainda possui gastos extras com manutenção. Esses são alguns dos problemas que tornam estas baterias bem menos eficazes para veículos elétricos recarregáveis, e por conta disto são usadas principalmente em veículos elétricos híbridos (AMBROSIO RENATO CANHA; TICIANELLI, 2001).

#### 4.2.3 Bateria de chumbo-ácido

Atualmente, as baterias de chumbo-ácido estão sendo utilizadas em veículos elétricos em funções mais básicas, alimentando equipamentos do carro como rádio, faróis, painel, etc. Essas baterias são de alta potência, baratas, seguras e confiáveis, mas por possuírem uma pequena vida útil, aproximadamente 800 ciclos de carga, carga mínima de 8 a 16 horas, manutenção a cada 4 meses e baixo desempenho em temperaturas frias dificultam o seu uso em veículos elétricos. Existem baterias de chumbo-ácido de alta potência em desenvolvimento, mas no momento estas baterias estão sendo usadas apenas em veículos comerciais como armazenamento secundário (ROCHA, 2014).

#### 4.2.4 Baterias e energia solar

O veículo elétrico é uma ótima alternativa para reduzir as emissões de gases de efeito

estufa, uma vez que estes não emitem gás carbônico ao se locomoverem. Utilizar energia renovável como fonte de energia para os veículos elétricos possibilita tornar todo o processo energético de produção e consumo mais limpo e sustentável. Conforme a Resolução Normativa nº 482 de 2012 da Aneel, é possível instalar um sistema de energia solar e ser autossuficiente (ANEEL, 2016).

Estima-se que 80% do carregamento de carros elétricos é feito em casa. O uso de painéis solares é uma ótima solução para reduzir os custos com o carregamento de um veículo elétrico, uma vez que o usuário terá um baixo custo de energia por conta das placas solares e raramente irá pagar para recarregar em um posto elétrico, além de reduzir o uso de combustíveis não renováveis no processo de recarga. Muitos carregadores públicos usam painéis solares como forma de reduzir o uso de energia durante o processo.

Além de existir a possibilidade de o usuário possa ter em sua residência um sistema de energia solar em seu telhado e, dessa forma, utilizar a energia consumida pelos painéis para carregar o seu veículo, existe um outro tipo de solução que tem se tornado cada vez mais comum. Carport solar (Figura 13) é um abrigo de veículos que, em sua cobertura, possui módulos fotovoltaicos ao invés de telhas, esses por sua vez são responsáveis por produzir energia solar. Assim, ao mesmo tempo que protege os veículos do sol, esse tipo de estacionamento conta com uma geração de energia própria, possibilitando que o dono do veículo possa carregar ele toda vez que parar para fazer compras, trabalhar, se alimentar, etc (ZUCOLOTTO, 2020).

Figura 13 - Carport solar



Fonte: ZUCOLOTTO, 2020

Apesar do carport solar ainda não ser uma realidade tão evidente no Brasil, algumas universidades como, UFPA (Universidade Federal do Pará) e UFSM (Universidade Federal de

Santa Maria) estão investindo bastante na implantação de postos para recarga de carros elétricos, com fornecimento de energia proveniente de placas solares, possibilitando um grande avanço na implantação dessas tecnologias no Brasil. Na figura 14 pode-se observar um posto de recarga da Universidade Federal do Pará.

Figura 14 - Posto de carregamento para veículos elétricos da UFPA



Fonte: PORTAL UFPA, 2020

### 4.3 Eletroquímica das baterias usadas em Armazenamento e Automóveis elétricos

A eletroquímica estuda as relações entre as reações químicas e a corrente elétrica, tendo como base as reações de oxirredução. Reações de oxirredução são reações que ocorrem por meio da transferência de elétrons, ocorrendo de modo simultâneo, a redução (ganho de elétrons) e a oxidação (perda de elétrons) de determinadas espécies do processo. Nas baterias, o processo eletroquímico é chamado de espontâneo, uma vez que energia química é convertida em energia elétrica através da transferência de elétrons do polo negativo (ânodo), para o polo positivo (cátodo), transferência que ocorre por meio de um fio condutor.

A equação fundamental termodinâmica para uma reação eletroquímica reversível é apresentada pela seguinte equação:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \text{ (Eq. 1)}$$

Onde :  $\Delta G$  = a energia livre de Gibbs; ou energia provida pelo trabalho útil.

$\Delta H$  = a variação de entalpia da energia liberada pela reação.

$T\Delta S$  = o calor dissipado pela reação.

A quantidade máxima de trabalho eletroquímico que pode ser produzido, é expresso pela equação:

$$\Delta G = -nFE^\circ_{\text{celula}} \text{ (Eq. 2)}$$

$$E^{\circ}_{\text{célula}} = E_{\text{cátodo}} - E_{\text{ânodo}} \text{ (Eq. 3)}$$

Onde: n = número de elétrons transferidos por mol de reagentes.

F = Constante de Faraday (96,485 C.mol<sup>-1</sup>).

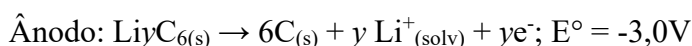
E° = potencial de uma célula em volt (V).

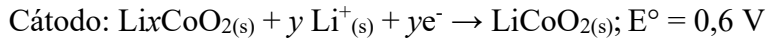
Para que a reação eletroquímica aconteça de forma espontânea o valor de ΔG deverá ser negativo. No ítem 4.3.1 é apresentada uma aplicação para as baterias de íon de lítio.

#### 4.3.1 Eletroquímica da bateria de íon de lítio - Li-íon

As baterias de íons lítio, são formadas por um ânodo de lítio que está em uma estrutura de grafite, justamente para que o grafite seja intercalado com os átomos de lítio, agindo como uma espécie de suporte natural. Pela sua alta eletropositividade, o átomo de lítio tem facilidade em perder elétrons e quando ocorre essa perda, surge o íon de lítio, íon característico dessa bateria. Para que ocorra a passagem de íons lítio do ânodo para o cátodo, um eletrólito é posto entre os dois que permite a passagem dos íons lítio, mas não permite a passagem dos elétrons. Por sua vez, os elétrons acabam indo do ânodo para o cátodo através do circuito externo, essa separação ocorre pois os íons seguindo pelo eletrólito, acabam possibilitando a neutralização do acúmulo de cargas, mantendo assim a reação em andamento (ARANDA EVENTOS, 2021). No entanto, o ânodo e o cátodo da bateria não podem entrar em contato e como o eletrólito é líquido, há grandes chances deles se tocarem, ocasionando uma aceleração incontrolável da reação química e, por consequência, entrar em curto-circuito, havendo a possibilidade da ocorrência de incêndios ou explosões causados por essa reação. Para evitar que isso ocorra, é posto um separador não condutor impermeável ou semipermeável que tem como objetivo garantir a separação entre o ânodo e o cátodo (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Tomando como exemplo a bateria de Óxido de cobalto e lítio (LiCoO<sub>2</sub>), no seu processo de descarga da bateria (Figura 15), que é um processo espontâneo já que não necessita de uma fonte externa para acontecer, ocorre a oxidação do carbono com a transição dos íons lítio do ânodo, polo negativo da bateria, para o eletrólito; no cátodo, polo positivo da bateria, o cobalto se reduz no próprio óxido, o que permite a alternância dos íons lítio do eletrólito em sua estrutura (BHATTACHARJEE et al., 2021). As equações que envolvem o processo eletroquímico de descarga da bateria são:



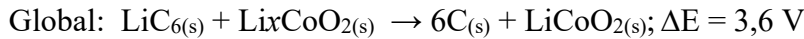


$$\Delta E = E^\circ_{\text{Cátodo}} - E^\circ_{\text{Ânodo}}$$

$$\Delta E = 0,6 - (-3,0)$$

$$\Delta E = 0,6 + 3,0$$

$$\Delta E = 3,6 \text{ V}$$



No caso da energia livre de gibbs temos:

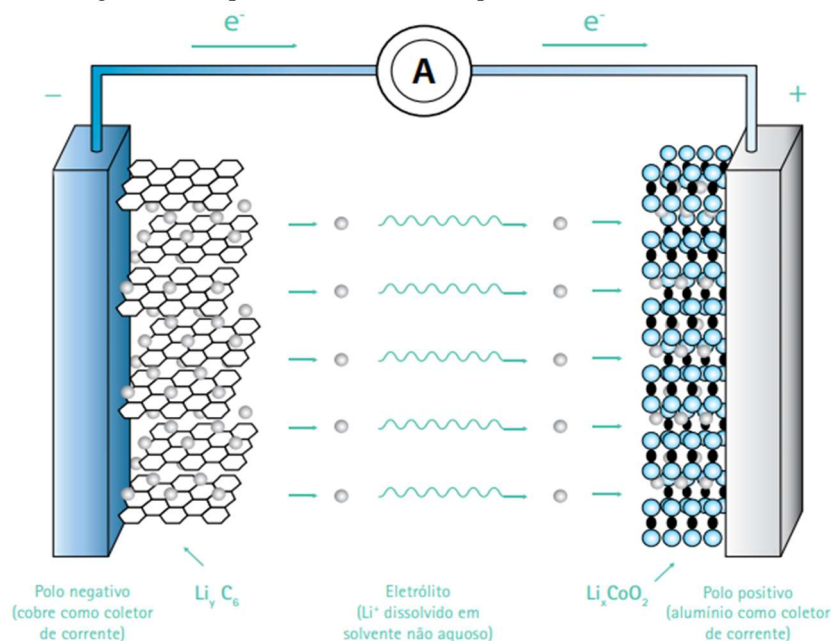
$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{\text{cell}}$$

$$\Delta G^\circ = -1 \times 96.500 \times 3,6$$

$$\Delta G^\circ = - 347.400\text{kJ}$$

Pode-se perceber que se trata de uma reação espontânea pois a energia livre de gibbs é menor que zero. Como a energia livre de Gibbs é a energia que sobra após uma reação química espontânea, logo, ela está sendo liberada.

Figura 15 - Representação da reação que ocorre na bateria de LiCoO<sub>2</sub>

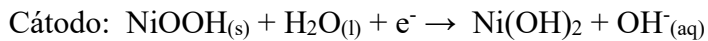
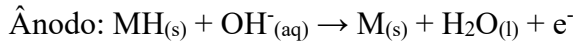


Fonte: BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000

Durante o carregamento da bateria, processo inverso e, portanto, não espontâneo, uma vez que necessita de uma fonte externa para ocorrer, o cátodo sofre oxidação com o desprendimento dos íons lítio para o eletrólito e o ânodo sofre redução com a transferência dos íons lítio do eletrólito para o anodo, possibilitando novamente seu funcionamento espontâneo (ROCHA, 2011).

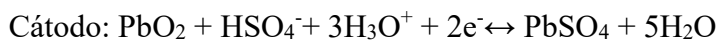
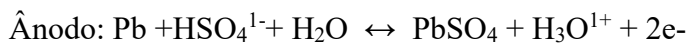
#### 4.3.2 Eletroquímica da bateria de hidreto metálico de níquel - NiMH

O funcionamento das baterias de hidreto metálico de níquel, tem como princípio a oxidação do hidrogênio, que é inserido na liga de hidreto metálico, formando água e NiOOH reduzido, que depois é transformado em Ni(OH)<sub>2</sub> no cátodo (ROCHA, 2013). Como mostram as reações a seguir:



#### 4.3.3 Eletroquímica da Bateria de chumbo-ácido

O seu ânodo é composto por placas de chumbo e o seu cátodo é composto por placas de chumbo com óxido de chumbo IV (PbO<sub>2</sub>). As placas de chumbo revestidas de PbO<sub>2</sub> são ligadas ao polo positivo, enquanto que as placas de chumbo são ligadas ao polo negativo, ambas são separadas por algum material separador. Esse conjunto é colocado na bateria e mergulhado em uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) com uma densidade de aproximadamente 1,28 g/cm<sup>3</sup> (DIOGO LOPES DIAS, 2017). As equações que envolvem o processo eletroquímico são:



### 4.4 Sequestro de carbono

O sequestro de carbono é o processo de retirada de gás carbônico da atmosfera. Naturalmente, esse processo é realizado pelo crescimento das árvores, que demandam uma quantidade muito grande de carbono para se desenvolver e acabam ajudando na retirada deste elemento, na forma de CO<sub>2</sub>, da atmosfera. Cada hectare de floresta em desenvolvimento é capaz de absorver cerca de 150 a 200 toneladas de carbono (DA REDAÇÃO, 2007).

Essa é uma das razões para a grande importância do reflorestamento de áreas desmatadas. Atividades humanas, como o desmatamento, a queima de combustíveis fósseis e a utilização de calcário para a produção de cimento, aumentam significativamente o nível de dióxido de carbono na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global. O reflorestamento de áreas desmatadas, ajudaria a diminuir a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, uma vez que as

árvores em crescimento são fortes aliadas no sequestro de carbono.

No entanto, essa não é a única solução para auxiliar no sequestro do carbono. O sequestro geológico do carbono utiliza o CO<sub>2</sub> de processos industriais e processos de geração de energia que, após ser separado, é transportado para um local de estocagem segura, para ser isolado em relação à atmosfera por um longo período de tempo. É uma forma de devolver o carbono para o subsolo, depositando o CO<sub>2</sub> capturado nas bolhas ou espaços vazios, deixados pela saída do petróleo. Seria algo bastante vantajoso, tendo em vista que as empresas petrolíferas já injetam uma certa quantidade de gás carbônico em alguns poços vazios, onde havia petróleo, para que a pressão auxiliasse na extração do petróleo nesses poços.

Assim como em postos petrolíferos, o armazenamento de gás carbônico também pode ser benéfico para as reservas de carvão. Uma vez que o carvão iria reter o CO<sub>2</sub> e, no processo, iria liberar gás natural. O gás natural liberado neste processo, teria utilidade como combustível para fornecimento de calor, geração de eletricidade e de força motriz, e ainda como matéria-prima nos setores químico, petroquímico e de fertilizantes (TERESA; SUSLICK, 2021).

As fontes de energia renovável são grandes auxiliadoras nesse processo de diminuir a quantidade de carbono na atmosfera. As energias renováveis (Figura 16) são energias resultantes de recursos ditos inesgotáveis, como a energia hídrica, maremotriz, geotérmica e as novas energias emergentes, como a energia solar, eólica e de biomassa. A energia solar utiliza baterias como fonte de armazenamento para a sua energia, para que possa ser usada em períodos com baixa incidência de energia solar, atuando como complemento a essa fonte de energia renovável (KEMPER, 2015). As baterias atuam também nos veículos elétricos, que não emitem gases poluentes para a atmosfera, sendo também uma excelente alternativa para a diminuição de carbono na atmosfera. Posteriormente, a poluição atmosférica será abordada de forma mais ampla.

Figura 16 - Fontes de energia renováveis



Fonte: WEBRADIOAGUA, 2018

## 5 ANÁLISE DAS BATERIAS E SUA SUSTENTABILIDADE

### 5.1 Poluição atmosférica

Desde a revolução industrial, o impacto humano sobre o ar atmosférico só vem aumentando. Isso porque, já no século XIX, a queima de carvão mineral aumentou significativamente com o aumento de máquinas movidas a combustão de carvão mineral. Sua queima despejava toneladas de poluentes para a atmosfera, causando danos à população, que sofria de doenças respiratórias, responsáveis por milhares de mortes na época (MAGALHÃES, 2013).

Dentre muitos desastres causados pela alta taxa de poluição atmosférica, causada pela queima de carvão na época, um dos mais marcantes foi o que aconteceu na Inglaterra em 1952. Em razão da alta concentração de poluição particulada e compostos de enxofre liberados pelas indústrias na queima de carvão, além das condições climáticas que não contribuíram para a dispersão dessa poluição, cerca de quatro mil pessoas morreram em Londres por complicações respiratórias no período de uma semana. Nos meses seguintes ao ocorrido, que ficou conhecido como *Big Smoke* (Grande fumaça, em tradução livre), mais de oito mil pessoas morreram e cerca de outras 100 mil ficaram doentes (STONE, 2016).

No século XXI, já não existem tantas máquinas movidas à queima de carvão mineral, comparado ao século XIX e XX, o que se torna um ponto positivo para a luta contra a poluição atmosférica. No entanto, os automóveis movidos a motores de combustão, vem se tornando os principais vilões deste século, já que esses automóveis liberam vários gases para a atmosfera, dos quais pode-se citar: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SOx), material particulado (MP), etc. A combustão completa produzida pelo motor de um carro, libera muito gás carbônico (CO<sub>2</sub>), um gás muito importante para a fotossíntese dos seres vivos, mas também é um dos causadores do efeito estufa. Isso ocorre devido ao fato de o CO<sub>2</sub> absorver parte da radiação emitida pela superfície da Terra, retendo o calor, resultando em um aumento da temperatura (SOUZA, 2014).

A combustão incompleta de um motor de carro, produz um gás mais preocupante ainda para o meio ambiente e para a saúde humana, o monóxido de carbono (CO). Um gás incolor, inodoro e tóxico, que causa interferência no transporte do oxigênio no corpo humano, podendo causar asfixia. A emissão de monóxido de carbono é muito comum em países subdesenvolvidos, pois esses países possuem uma maior quantidade de carros antigos, que são

um dos maiores emissores de CO. Os carros antigos emitem mais monóxido de carbono devido aos seus motores que não fazem mais combustão completa, devido ao seu tempo de uso (CETESB, 2013)

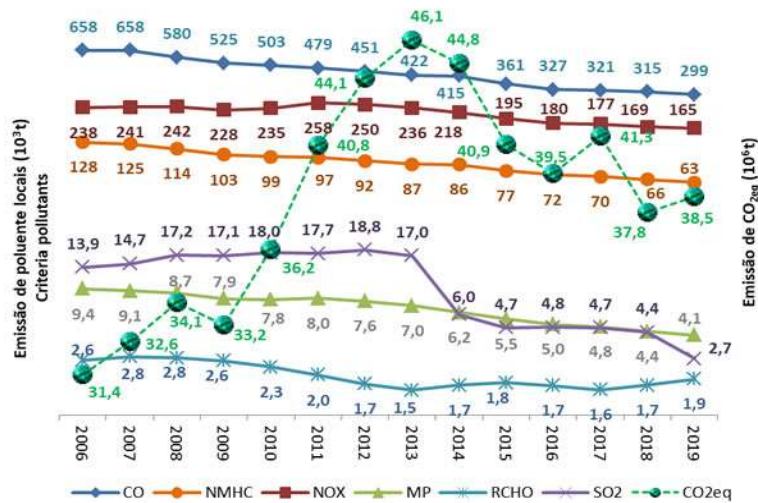
Os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) são formados quando o nitrogênio reage com o oxigênio devido à alta temperatura na câmara de combustão. O NO<sub>x</sub> é um dos principais componentes para a formação do ozônio. Contribui também na formação de chuva ácida e do material particulado, tornando-se um dos poluentes de maior preocupação na atualidade e que requer tecnologias avançadas para o seu controle, já que sua formação tende a aumentar com a eficiência dos motores, principalmente nos veículos movidos a óleo diesel (MARQUES; BRASILEIRO, 2015).

Os hidrocarbonetos (HC) são uma pequena parte de combustível não queimado ou parcialmente queimado que é emitido pelo motor, assim como o vapor de combustível emitido de alguns pontos do automóvel ou expelido durante o abastecimento. Assim como o NO<sub>x</sub>, os hidrocarbonetos necessitam de bastante atenção quanto ao seu controle, já que reagem na atmosfera promovendo a formação do “smog” fotoquímico. Por sua reatividade, é comum tratar os hidrocarbonetos como Compostos Orgânicos Voláteis (COV), onde se exclui o metano.

A fuligem, uma fumaça preta chamada geralmente de material particulado (MP) devido ao pequeno tamanho de suas partículas, fica suspensa na atmosfera e pode atravessar as defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e ocasionar diversos efeitos negativos à saúde. Sua emissão é muito frequente para veículos de tecnologia diesel, por isso é muito importante ter atenção especial para estes veículos, já que são os maiores emissores desse poluente. Outro fator é que essas emissões causam grande incômodo aos pedestres próximos a ruas de trânsito intenso. No caso da fuligem, a coloração e o mau cheiro desta emissão podem causar diminuição da segurança e aumento de acidentes de trânsito pela redução da visibilidade (MARQUES; BRASILEIRO, 2015).

O Brasil apresenta um crescimento expressivo na frota veicular de suas regiões metropolitanas. O Estado de São Paulo, por exemplo, detém cerca de 40% da frota automotiva do país, uma situação preocupante para o estado. O inventário de emissões veiculares da CETESB calcula que em 2018 foram emitidas 299 mil toneladas de CO, 63 mil toneladas de compostos orgânicos voláteis, 165 mil toneladas de NO<sub>x</sub>, 4,1 mil toneladas de material particulado e 2,7 mil toneladas de SO<sub>2</sub> só na região metropolitana de São Paulo, todos poluentes tóxicos. A figura 17 mostra a evolução na emissão desses compostos ao longo dos anos de 2006 a 2019 e inclui, além dos poluentes citados, também a emissão de gases de efeito estufa, em CO<sub>2eq</sub> (CETESB, 2013).

Figura 17 - Evolução da emissão de gases poluentes



Fonte: CETESB, 2013

Mesmo que a emissão da maioria dos gases venha sofrendo um decréscimo, que talvez possa estar relacionado com os veículos novos, o aumento da frota de veículos ainda sim é preocupante para a redução de emissão desses gases, uma vez que mais veículos nas ruas significa mais congestionamento, o que agrava a emissão desses gases poluentes (CETESB, 2013).

## 5.2 Baterias como solução para a redução da poluição atmosférica

As baterias utilizadas em automóveis elétricos podem ser a solução para a redução de gases emitidos por automóveis movidos por motor a combustão. Isto porque, automóveis elétricos não emitem nenhum tipo de gás poluente ao meio ambiente, seu funcionamento é totalmente limpo e benéfico ao ar atmosférico. Além disso, veículos elétricos diminuem também a poluição sonora, uma vez que esses veículos são extremamente silenciosos.

Um exemplo de como a adesão de veículos elétricos é uma ótima alternativa para a diminuição da poluição atmosférica, é a cidade de Shenzhen, no sul da China, antiga vila de pescadores que se transformou em uma megalópole em apenas 40 anos. O crescimento acelerado trouxe muitos problemas ambientais à cidade, uma vez que a cidade passou a ter 3 milhões de carros, e com isso, bastante poluição atmosférica. Para tentar reverter esse crescimento descontrolado e a poluição gerada por ele, o governo local decidiu investir em veículos elétricos e formas alternativas de energia. Em 5 anos, a cidade conseguiu trocar 100% dos ônibus por ônibus elétricos e quase 100% dos táxis e carros de aplicativo, por carros elétricos. O custo para carregar um ônibus elétrico na cidade gira em torno de R\$ 120,

possibilitando o veículo andar até 300 km com essa carga, esse valor é 70% mais barato do que o valor para encher o tanque de um carro no Brasil. Além disso, o governo de Shenzhen dá incentivos financeiros à população para a compra de carros elétricos e também para a construção de estações de carga pela cidade. Para uma pessoa dirigir um táxi a gasolina em Shenzhen, ela deve pagar uma licença que custa R\$ 163.000. Os aplicativos de internet que oferecem serviços de locomoção também passaram a exigir que seus motoristas possuem carros elétricos (FANTÁSTICO CLASH, 2019).

Em relação ao Brasil, carregar um carro elétrico na tomada, demora cerca de 8 horas (dependendo do veículo e do tipo/voltagem da tomada), tendo um custo de R\$ 15 nessa carga. Considerando o ano de 2018, um carro movido a gasolina que faz 10km/L, possui um custo de aproximadamente R\$ 0,40/km, já em um carro elétrico, esse custo passaria a ser de R\$ 0,12/km. Isso significa que ao percorrer uma distância de 77 km, o custo para um usuário de veículo a combustão seria de aproximadamente R\$ 30, enquanto que para percorrer a mesma distância, o custo para um usuário de carro elétrico seria aproximadamente de R\$ 9,24, e com R\$ 30 conseguiria abastecer o veículo elétrico com duas cargas completas e percorrer uma distância de 300km (TRIGUEIRO, 2018)

Segundo alguns pesquisadores, o Brasil possui problemas de limite de geração de energia hidráulica, tendo até bandeira vermelha em sua geração de energia em algumas épocas do ano, não estando preparado para receber uma frota grande de carros elétricos no país. Considerando que todos os veículos leves do Brasil fossem eletrificados, a demanda por energia representaria entre 15% e 20% da demanda total de energia no país, necessitando assim de um maior investimento na distribuição de energia, mais especificamente na parte de transformadores para lidar com a sobrecarga causada pelos veículos elétricos. Isso não necessariamente seria um problema para o país, uma vez que maiores investimentos no setor elétrico poderiam auxiliar nessa demanda de energia (TRIGUEIRO, 2018).

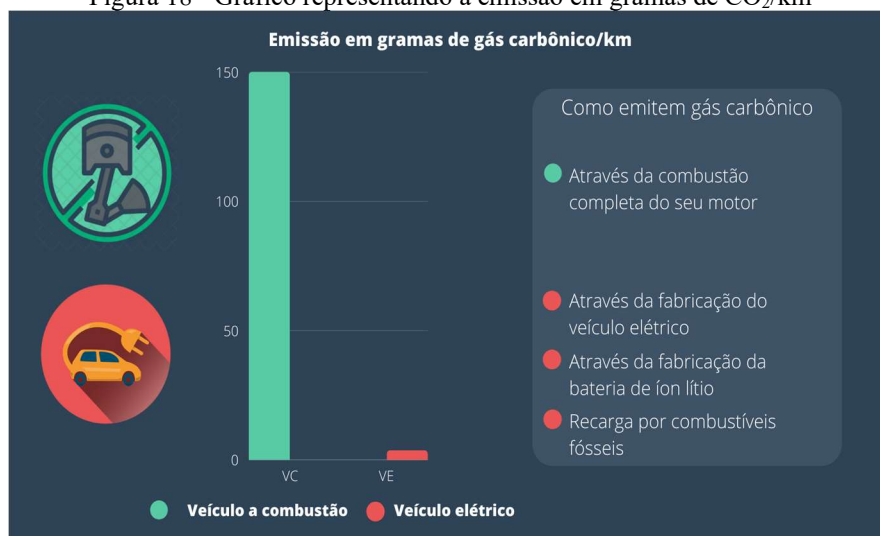
O Brasil possui uma grande vantagem em relação a energia usada para recarga de carros elétricos, uma vez que a maior parte dessa energia é limpa e renovável, vindo principalmente das usinas hidrelétricas. Possibilitando que, não só o processo de locomoção do veículo seja benéfico para o meio ambiente, mas também a fonte de energia para este veículo. Em países como Estados Unidos, Alemanha e China, os combustíveis fósseis são as principais fontes de energia, ou seja, quem anda de carro elétrico nesses países, continua poluindo o meio ambiente de forma indireta, uma vez que a fonte de energia para recarga desses veículos não é renovável (TRIGUEIRO, 2018).

Mesmo com muitos fatores a favor dos veículos elétricos e sua utilização, existe uma

grande preocupação relacionada a sua produção. O Relatório da Agência Europeia do Ambiente (AEA), divulgado no ano de 2018, aponta o processo de fabricação dos veículos elétricos como o seu lado negativo. O estudo afirma que o processo de produção dos veículos elétricos é mais prejudicial para o meio ambiente do que o processo de produção dos carros tradicionais. Cobalto, cobre e neodímio são alguns dos materiais utilizados na produção das baterias de íon lítio (a mais usada em carros elétricos), que são de extrema importância para o funcionamento desse tipo de carro. A extração desses materiais contamina solos, água e causa desmatamento. Além disso, quantidades significativas de monóxido de carbono são lançadas ao meio ambiente no processo de produção das baterias, essa substância tem alta influência no aumento do efeito estufa no planeta (AEA, 2018). A maioria das baterias quando obsoletas são mandadas para a Ásia, onde países como China e Coreia do Sul realizam sua reciclagem. Porém, o processo requer um alto consumo de energia e também gera gases poluentes.

O relatório, no entanto, aponta que a compensação vem após a saída da fábrica, quando os carros passam a andar pelas ruas, momento em que os veículos elétricos emitem muito menos gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos em seu ciclo de vida do que os veículos com motores a gasolina ou diesel. O relatório comparou também o ciclo de vida dos veículos elétricos com os convencionais, e observou que os veículos elétricos poluem menos 17% a 30% do que os carros a gasolina ou diesel. Um veículo a gasolina emite em média 150 gramas de gás carbônico por km. Fazendo uma análise, após 20 mil km rodados, um carro a combustão chega a produzir 3 toneladas de CO<sub>2</sub>, enquanto um veículo elétrico emite apenas 70 kg, como pode-se observar na figura 18 (JOÃOBUFFON, 2021).

Figura 18 - Gráfico representando a emissão em gramas de CO<sub>2</sub>/km



Fonte: Autor

Portanto, ocorrendo mudanças nos processos produtivos que permitam a reutilização e a reciclagem, segundo a Agência, ajudaria a potencializar os benefícios ambientais na mudança dos carros convencionais para os elétricos. O documento da AEA ressalta também os efeitos benéficos promovidos pelas energias renováveis e pela economia circular, ou seja, utilização de veículos que transportam várias pessoas ao mesmo tempo, como ônibus, trem e metrô (AEA, 2018). Na figura 19, apresenta-se algumas vantagens e desvantagens na utilização dos veículos elétricos.

Figura 19 – Vantagens e desvantagens na utilização dos veículos elétricos



Fonte: Autor

Infelizmente o preço alto ainda é um dos grandes problemas para a popularização dos veículos elétricos no Brasil. Enquanto um automóvel a combustão simples pode ser adquirido por cerca de R\$ 35.000, o carro elétrico mais acessível custa em torno de R\$ 142.000, quatro vezes mais caro que um carro a combustão. No entanto, a longo prazo, um veículo elétrico ainda sim pode ser mais barato se for levado em consideração custos de manutenção e recarga.

### 5.3 Descarte e reutilização

Com o alto consumo de dispositivos eletroeletrônicos, como celulares, notebooks, telefones, relógios, filmadoras, etc, que usam pilhas ou baterias como fonte de energia, vem também o aumento no descarte desse tipo de material e das pilhas e baterias. Portanto, é essencial que exista um programa de reciclagem ideal para tais materiais, com o intuito de diminuir o desperdício de matérias-primas e de recursos naturais não-renováveis. Com isso,

possíveis riscos ambientais associados ao descarte desses produtos, também podem ser amenizados ou evitados (BERNARDES, 2003). Saber quais os riscos que as pilhas e baterias podem trazer para a humanidade, se torna essencial atualmente, já que esses dispositivos podem trazer várias consequências ruins para o meio ambiente quando descartados incorretamente. (AFONSO, 2003).

As pilhas e baterias apresentam em sua composição vários metais pesados, como, cádmio, chumbo, lítio, etc. Substâncias altamente perigosas à saúde humana e ao meio ambiente. São vários os malefícios causados por essas substâncias. O cádmio, por exemplo, é um metal de bioacumulação em organismos vivos, sendo assim persistente no ambiente, possuindo um grande potencial de destruição ambiental, pois se degrada com o passar do tempo (como vários resíduos que possuem tempo de meia vida). Os animais são afetados por esse metal de diversas formas, como pelo aparecimento de câncer de pulmão, aumento da pressão arterial, problemas de reprodução e desenvolvimento. Em relação às pessoas, podem apresentar náuseas, vômitos, salivação, danos nos rins, danos aos pulmões, altas chances de adquirir um câncer pulmonar, entre outros (LÍRIA ALVES DE SOUZA, 2020).

Para evitar diversos problemas ambientais e problemas para a saúde humana, é necessário haver uma alternativa de descarte para pilhas e baterias. O material utilizado para armazenar estes resíduos, deve ser um recipiente resistente, devido ao peso do material que será ali depositado, não pode ser feito de materiais condutores de eletricidade, para evitar a formação de curtos circuitos e vazamentos precoces da pasta eletrolítica, o que tornará a futura manipulação do material mais difícil. Após armazenar estes resíduos, eles devem ser levados aos fabricantes que são os responsáveis pelo seu descarte ou reutilização.

A locomoção desses resíduos dentro da empresa deve obedecer aos critérios técnicos que visam evitar o máximo de riscos à saúde pública e a preservar a qualidade do meio ambiente, bem como as normas de segurança. Na empresa, os resíduos são temporariamente estocados em contentores para cada tipo de resíduo até a coleta apropriada. Internamente, os resíduos são transportados em sacolas plásticas apropriadas sendo encaminhado então para a destinação final (ECOASSIST, 2019).

Existe um programa chamado ABINEE Recebe Pilhas que é uma iniciativa conjunta de fabricantes e importadores de pilhas e baterias portáteis. O projeto teve início em novembro de 2010, com a finalidade de melhorar a destinação final, após o fim da vida útil, das pilhas comuns de zinco-manganês, pilhas alcalinas, pilhas recarregáveis e baterias portáteis. Todo o material descartado pela população é enviado para a cidade de São José dos Campos, em São Paulo, onde passa por uma triagem. Nesse processo, as pilhas são separadas por marca e encaminhadas

para a reciclagem, feita pela empresa Suzaquim na cidade de Suzano (ABINEE, 2012).

Em relação às empresas responsáveis pela produção de dispositivos eletrônicos, estas poderiam promover o descarte responsável de, por exemplo, pilhas e baterias, já que esses resíduos não devem ser vistos como lixo, mas como matéria prima não utilizada, pois quanto mais resíduos, menor é o lucro da atividade produtiva da empresa. Portanto, reduzindo a quantidade de resíduos, a quantidade de matéria prima disponível aumenta, reduzindo o custo da produção e aumentando o lucro. Assim, o excedente pode ser utilizado para investimentos em infraestrutura, remuneração e melhores condições sociais aos funcionários (ECOAMBIENTAL, 2010).

#### **5.4 Análise**

Apesar de algumas dificuldades relacionadas a preço e descarte de suas baterias, pode-se observar que os veículos elétricos possuem inúmeras vantagens, quando comparados com veículos a combustão, principalmente a longo prazo. Ainda assim, esse tipo de veículo é visto como artigo de luxo por muitos brasileiros, isso porque não há uma popularização de carros elétricos no Brasil, nem mesmo o governo influencia seu uso, já que não investe em infraestrutura para receber uma grande frota de veículos elétricos. Vale ressaltar que o alto preço que os brasileiros pagam na conta de energia assusta tanto quanto o alto preço da gasolina, desencorajando mais ainda a população a optar por veículos elétricos.

Uma ótima alternativa para impulsionar o uso de veículos elétricos e sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, seria um maior investimento em pesquisas feitas nas universidades voltadas para esse tema. Tendo em vista que essas pesquisas podem fornecer análise de dados mais precisas que possibilitem alternativas eficazes para produção, utilização e descarte das baterias utilizadas tanto nos veículos elétricos, quanto no armazenamento de energia. Consequentemente, alternativas mais eficazes poderiam também reduzir o custo de obtenção e manutenção de ambos.

Vale ressaltar também que diversos estudos estão sendo realizados a nível de Brasil e mundial sobre as tecnologias de desenvolvimento de baterias para uso em veículos elétricos e para armazenamento, visando também uma produção com menos custos, menos impactos ambientais e também, procurando substituir o lítio, o níquel e outros metais tóxicos por uma outra matéria prima com mais abundância e que ao menos mostre uma eficiência equivalente. A figura 20 ilustra as vantagens e desvantagens em relação ao uso das baterias.

Figura 20 – Vantagens e desvantagens em relação as baterias



Fonte: Autor

## 6 CONCLUSÃO

Com base no estudo apresentado, pode-se concluir que as baterias são uma ótima alternativa para diminuição da emissão de gases poluentes para o meio ambiente, no caso de ser empregada em veículos elétricos, além de ser uma ótima alternativa para armazenar energia solar em conjunto com as placas solares. Apesar do Brasil ainda não possuir tantos postos de recarga para veículos elétricos, o fato de possuir geração de energia limpa e renovável, faz com que a recarga caseira de veículos elétricos não seja prejudicial ao meio ambiente. Mesmo que o aumento das tarifas de energia possa assustar alguns possíveis compradores de carros elétricos, possuir um veículo elétrico é bem menos custoso, uma vez que o preço do diesel e da gasolina estão em uma crescente no país, também em relação a mudança mundial neste mercado, onde muitos países estão parando de fabricar veículos a combustão com prazos limites determinados para troca dos mesmos, visando também a redução da poluição ambiental, causada pelos veículos a combustão. Além disso, se o usuário optar também por adotar a geração de energia por placas fotovoltaicas, além de uma alta economia na recarga de seu veículo elétrico (já que não gastaria com combustível), teria também bastante economia em sua tarifa de energia, uma vez que produziria boa parte da energia de sua residência. Importante ressaltar que um incentivo do governo, como aconteceu em Shenzhen, seria de extrema importância para aumentar a popularidade de veículos elétricos, uma vez que maiores investimentos em pesquisas relacionadas a baterias, trariam meios mais eficazes de produção, materiais alternativos mais baratos e, conseqüentemente, menos dificuldades em adquirir um veículo elétrico, o que incentiva compradores novos a optar por esta forma de locomoção menos agressiva ao meio ambiente, além de facilitar também a compra de baterias para armazenar energia solar.

### 6.1 Propostas para trabalhos futuros

Em relação aos resultados e conclusões apresentados neste trabalho, muitos estudos ainda podem ser feitos em relação ao tema armazenamento com o uso de baterias e também sobre formas de tornar mais limpa a produção de veículos elétricos. Dentre algumas possíveis vertentes deste trabalho, pode-se citar:

- Estudo de outras classes de consumo.
- Baterias alternativas às apresentadas neste trabalho.
- Analisar os impactos ambientais a longo prazo da adoção de veículos elétricos e células fotovoltaicas.

## REFERÊNCIAS

Afonso, J. C. **Processamento da pasta eletrônica de pilhas usadas**. Química Nova – Nota Técnica Vol. 26, N.º. 4, 573-577, 2003 – Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal de Rio de Janeiro, CP 68563, 21949-900 Rio de Janeiro – RJ.

**Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

AMBROSIO RENATO CANHA; TICIANELLI, E. A. **Baterias de níquel-hidreto metálico**, uma alternativa para as baterias de níquel-cádmio. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/26352294\\_Baterias\\_de\\_niquel-hidreto\\_metalico\\_uma\\_alternativa\\_para\\_as\\_baterias\\_de\\_niquel-cadmio](https://www.researchgate.net/publication/26352294_Baterias_de_niquel-hidreto_metalico_uma_alternativa_para_as_baterias_de_niquel-cadmio)>. Acesso em: 7 set. 2021.

APPROBATO, B. **Qual a origem das pilhas e baterias que alimentam suas ferramentas?** Disponível em: <<https://apaixonadosporferramentas.com.br/pilhas-e-baterias-das-suas-ferramentas/>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

ARANDA EVENTOS. 44o Webinar EM - **Baterias de íons de lítio** - Medidas regulatórias e sugestões de segurança YouTube, 5 ago. 2021. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=hgIhpoa0KE0&ab\\_channel=ArandaEventos](https://www.youtube.com/watch?v=hgIhpoa0KE0&ab_channel=ArandaEventos)>. Acesso em: 13 set. 2021.

**Automóveis são principais emissores de gases poluentes** | Summit Mobilidade. Disponível em: <<https://summitmobilidade.estadao.com.br/ir-e-vir-no-mundo/automoveis-sao-a-principal-fonte-de-emissao-de-gases-poluentes/>>. Acesso em: 21 ago. 2021.

**Bateria de sal fundido para alta voltagem e baixa temperatura funciona com baixo custo** | FUNVERDE. Disponível em: <<https://www.funverde.org.br/blog/bateria-de-sal-fundido-para-alta-voltagem-e-baixa-temperatura-funciona-com-baixo-custo/>>. Acesso em: 15 set. 2021.

BBC. **Conta de luz**: Por que a tarifa pode ficar mais cara para o consumidor em maio. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/04/30/conta-de-luz-por-que-a-tarifa-pode-ficar-mais-cara-para-o-consumidor-em-maio.ghtml>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

Bernardes, A. M, Espinosa, D. C. R, Tenório, J. A. S. **Coleta e reciclagem de pilhas e acumuladores portáteis**: a visão geral em todo o mundo em relação à situação brasileira. Jornal de Fontes de Energia, v 124, n.º. 2, p. 586-592, 2003. Disponível em: [www.scielo.br/scielo](http://www.scielo.br/scielo). Acesso em 22 mar. 2014.

BHATTACHARJEE, Uditá; BHAR, Madhushri; GHOSH, Sourav; MARTHA, Surendra K. Lithium-Ion Batteries - Fundamental to applications. In: BHATTACHARJEE, Uditá et al. **Lithium-Ion Batteries - Fundamental to applications**. Nova Science Publishers, Inc.: Satyender Singh, 2021. cap. I, p. 1-128.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. **Nomenclatura e classificação dos sistemas eletroquímicos**. Química Nova na Escola, v. 11, n. 3, p. 3–9, 2000.

**Carro elétrico e baterias vão mudar o vocabulário de componentes.** Disponível em: <<https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/carro-eletrico-baterias-tipos/>>. Acesso em: 7 set. 2021.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica: para uso de estudantes universitários**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

**COMO CARREGAR UM CARRO ELÉTRICO.** Como carregar um carro elétrico? Disponível em: <<https://autoesporte.globo.com/carros/noticia/2019/09/como-carregar-um-carro-eletrico.ghtml>>. Acesso em: 13 set. 2021.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, I., 2007, Vale do Rio dos Sinos. **BATERIAS EM SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS [...]**. Vale do Rio dos Sinos: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2007. 10 p.

CONTRIBUIDORES DOS PROJETOS DA WIKIPEDIA. **Bateria de sal fundido.** Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Bateria\\_de\\_sal\\_fundido](https://pt.wikipedia.org/wiki/Bateria_de_sal_fundido)>. Acesso em: 17 jul. 2021.

DA REDAÇÃO. **O que é seqüestro de carbono?** Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ideias/o-que-e-sequestro-de-carbono/>>. Acesso em: 2 set. 2021.

**Descarte correto de pilhas e baterias para empresas • Ecoassist.** Disponível em: <<https://ecoassist.com.br/descarte-correto-de-pilhas-e-baterias-para-empresas/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

DINO. **Vendas globais de VEs tiveram alta de 140% em 2021, puxadas pela Europa e China.** Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/vendas-globais-de-ves-teriveram-alta-de-140-em-2021-puxadas-pela-europa-e-china,94bdc2448e8ef7e714e4164e703556d6yoqjtput.html>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

DIOGO LOPES DIAS. **Baterias.** Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/baterias.htm>>. Acesso em: 11 set. 2021.

DOS SANTOS, Célia Aparecida Lino. Baterias de íons lítio para veículos elétricos: Li-ion batteries for electric vehicles. **ResearchGate**, São Paulo-SP, Brasil, ano 2018, v. 2, n. 9, 10 dez. 2018. Tecnologia e Inovação, p. 62-82.

**Emissão Veicular.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/>>. Acesso em: 15 set. 2021.

**EMISSÕES GLOBAIS DE CO2 TERÃO SEGUNDO MAIOR AUMENTO DA HISTÓRIA EM 2021, DIZ AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA.** Emissões globais de CO2 terão segundo maior aumento da história em 2021, diz Agência Internacional de Energia. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2021/04/20/emissoes-globais-de-co2-terao-segundo-maior-aumento-da-historia-em-2021-diz-agencia-internacional-de-energia.ghtml>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

FANTASTICO CLASH. **Fantástico Expresso Futuro cidade aposta em veículos elétricos e formas alternativas de energia** YouTube, 8 set. 2019. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=N-GVurjnk-k&ab\\_channel=FANTASTICOClash](https://www.youtube.com/watch?v=N-GVurjnk-k&ab_channel=FANTASTICOClash)>. Acesso em: 14 set. 2021.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "**Pilha Seca de Leclanché**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pilha-seca-leclanche.htm>. Acesso em 11 de julho de 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IBERDROLA. **Baterias De Carros Elétricos**. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/baterias-de-carro-eletrico>>. Acesso em: 7 set. 2021.

JOÃOBUFFON. **Carro elétrico x combustão**. Qual custa menos para manter? Disponível em: <https://www.terra.com.br/parceiros/guia-do-carro/carro-eletrico-x-combustao-qual-custa-menos-para-manter,bf175b4861f3a0f7e9bdf8ba222a1bduf03c7uu.html>>. Acesso em: 15 set. 2021.

KEMPER, Jasmin. Biomass and carbon dioxide capture and storage: A review. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, Gloucestershire, ano 2015, v. 40, p. 401-430, 5 ago. 2015.

LÍRIA ALVES DE SOUZA. **Cádmio**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/cadmio.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

LÍRIA ALVES DE SOUZA. **Dióxido de carbono**. Ação prejudicial do dióxido de carbono. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/dioxido-carbono.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2021.

MAGALHÃES, L. **Poluição do Ar ou Atmosférica**: causas e consequências. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/poluicao-do-ar/>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

MAISSA TRAJANO. **Projeto de mobilidade elétrica iniciado na UFPA completa um ano**. Disponível em: <https://portal.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias2/12205-projeto-de-mobilidade-eletrica-iniciado-na-ufpa-completa-um-ano>>. Acesso em: 20 set. 2021.

MANTHIRAM, A. **Materials aspects**: an overview. In: Lithium Batteries Science and Technology. NAZRI G.A e PISTOIA, G. Eds., Nova Iorque, Springer, 2009. p. 1-41.

MARQUES, S. M.; BRASILEIRO, L. A. **EMISSÃO DE GASES POLUENTES POR VEÍCULOS AUTOMOTORES EM ÁREA URBANA**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 3, n. 19, 2 set. 2015.

MESQUITA, Glauca Machado; SOUZA, Marco Aurélio; DA SILVA, Aline Cândida; RABELO, Alexandre. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos de pilhas e baterias para uma empresa do ramo de telefonia: Plan of solid waste management of batteries for a telephony sector company. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, ano 2015, v. 19, n. 2, p. 534-542, 17 ago. 2015.

**Monitoring CO2 emissions from passenger cars and vans in 2018**. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/co2-emissions-from-cars-and-vans-2018>>. Acesso em: 15 set. 2021.

**O FREIO REGENERATIVO DOS CARROS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS FUNCIONA COM A BATERIA CARREGADA**. O freio regenerativo dos carros híbridos e elétricos funciona com a bateria carregada? Disponível em:

<<https://autoesporte.globo.com/servicos/noticia/2021/02/o-freio-regenerativo-dos-carros-hibridos-e-eletricos-funciona-com-a-bateria-carregada.ghtml>>. Acesso em: 7 set. 2021.

PROFESSORA MANUKA. **Pilha de Daniell e reações de oxidação e redução**. Disponível em: <<http://www.professoramanuka.com.br/2016/12/pilha-de-daniell-e-reacoes-de-oxidacao-e-reducao.html>>. Acesso em: 4 jul. 2021.

**Programa recolhe cerca de 120 toneladas de pilhas e baterias em um ano - DRSA - 17/01/12 - Abinee**. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/noticias/com27.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

RENEWABLES 2020 – ANALYSIS - IEA. Renewables 2020 – Analysis - IEA. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/renewables-2020>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ROCHA, J. **Bateria de automóvel**. Composição da bateria de automóvel. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/bateria-automovel.htm>>. Acesso em: 7 set. 2021.

ROCHA, J. **História das pilhas**. História das primeiras pilhas. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/historia-das-pilhas.htm>>. Acesso em: 4 jul. 2021.

ROCHA, J. **Pilha de Daniell. Esquema da Pilha de Daniell e seu Funcionamento**. Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/pilha-daniell.htm>>. Acesso em: 4 jul. 2021.

ROCHA, J. **Pilhas e Baterias de Lítio**. Pilha e Baterias de íon lítio. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/pilhas-baterias-litio.htm>>. Acesso em: 11 set. 2021.

ROCHA, J. **Pilhas e baterias primárias e secundárias**. Pilhas e baterias. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/pilhas-baterias-primarias-secundarias.htm>>. Acesso em: 11 set. 2021.

STONE, M. **Enfim sabemos como se formou o nevoeiro de Londres que matou milhares de pessoas**. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/formacao-nevoeiro-londres/>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

TERESA, A.; SUSLICK, S. B. **Modelo dinâmico de seqüestro geológico de CO<sub>2</sub> em reservatórios de petróleo**. Revista Brasileira de Geociências, v. 38, n. 1 suppl, p. 39–60, 2021.

THAÍS HERÉDIA, DA CNN, EM SÃO PAULO. **Entenda como ficam os preços dos combustíveis após mais uma alta nas refinarias**. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/2021/04/16/entenda-como-ficam-os-precos-dos-combustiveis-a-partir-desta-sexta-feira>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

THAMIREZ, C. **Baterias de Níquel-Metal Hidreto - Embarcados**. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/baterias-de-niquel-metal-hidreto/>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

THEMEGRILL. **Vantagens e Limitações das Baterias de Lítio-Íon** – Tecbike. Disponível em: <<https://blogtecbike.com.br/index.php/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-de-litio-ion/>>.

Acesso em: 15 set. 2021.

TRIGUEIRO, André. **Jornal Nacional Série JN Carros elétricos Qual seria o impacto de frota elétrica no abastecimento** YouTube, 27 jul. 2018. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=07MjKZtauvk&ab\\_channel=Escrit%C3%B3riodeEduca%C3%A7%C3%A3odaEspanhanoBrasil](https://www.youtube.com/watch?v=07MjKZtauvk&ab_channel=Escrit%C3%B3riodeEduca%C3%A7%C3%A3odaEspanhanoBrasil)>. Acesso em: 15 set. 2021.

**Vantagens e Limitações das Baterias de Lítio-Íon** - STA Eletrônica. Disponível em: <<https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-litio/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-de-litio-ion>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

WEBRADIOAGUA. **Viva às Energias Renováveis**. Disponível em: <<https://webradioagua.pti.org.br/2018/05/01/viva-as-energias-renovaveis/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

XU, Gaojie; HAN, Pengxian; DONG, Shanmu; LIU, Haisheng; CUI, Guanglei; CHEN, Liquan. Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>-based energy conversion and storage systems: Status and prospects. **Coordination Chemistry Reviews**, China, ano 2017, n. 343, p. 139-184, 19 maio 2017.

ZHAO, Q. **Electromobility research in Germany and China**: structural differences. *Scientometrics*, v. 117, n. 1, p. 473–493, 2018.

ZUCOLOTTO, V. **Carport Solar**: Conheça os Benefícios do Estacionamento Solar [+ Preço]. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/carport-solar-tudo-sobre/>>. Acesso em: 7 set. 2021.